



SOKENDAI研究派遣プログラムによる 米国プリンストン大学への渡航

服部 修佑

総合研究大学院大学物理科学研究科機能分子科学専攻
5年一貫制博士課程5年

はっとり・しゅうすけ

生命・錯体分子科学研究領域 錯体触媒研究部門 魚住グループにて、光触媒を用いた反応開発に取り組んでいます。写真はプリンストン滞在時、グローブボックス作業中の様子をラボメイトに撮ってもらったものです。

2024年8月1日から10月1日にかけて、SOKENDAI研究派遣プログラムを利用した研究活動をアメリカのプリンストン大学にて行いました。プリンストン大学はニュージャージー州に位置する大学で、アイビーリーグと呼ばれるアメリカ国内屈指の私立大学の一つです。化学の分野においても盛んな研究が行われており、2021年にノーベル化学賞を受賞したDavid MacMillan教授もプリンストン大学に在籍しています。そのような世界でもトップクラスの研究機関では、どのようにして成果を生み出し続け、どのような学生が研究に勤しんでいるのか興味があり、実際に現地でその研究に触れてみたいという思いから、留学を決意しました。留学準備の段階では、学生ビザ申請や、プリンストン大学の入学手続きなど、準備しなければならないものがたくさんあり、海外渡航をしたことがない私にとっては大変な作業でした。同時に渡航のためのステップを着実に踏む過程は、徐々に近づく留学への期待を大きくさせ、高揚感と不安の入り混じる複雑な感情であったことを覚えています。

今回私はプリンストン大学Paul Chirik教授の研究グループにvisiting student

として参加させていただきました。Paulの研究グループでは、地球に豊富に存在する鉄を利用して、鉄錯体触媒を設計し、その特性を活かしたチャレンジングな触媒反応の開発を精力的に行なっています。Paulのグループではいくつかの研究プロジェクトが展開されており、私が参加させていただいたプロジェクトは、ケミカルリサイクルを指向したhydrocarbon chemistryというものでした。プラスチックは空気中で安定であり、私たちの生活になくってはならないものですが、その安定性はしばしば分解を困難にさせ、リサイクルに多量のエネルギーを必要とします。持続可能な社会の実現には、プラスチックの製造に安価かつ豊富な原料を用いる一方で、使用後はその資源を化学的に分解(ケミカルリサイクル)し、元の原料を容易に再利用できることが重要になります。Paulの研究グループでは、石油化学原料であるブタジエンなどの安価なアルケン化合物(hydrocarbon)をモノマーとして用いて、独自に開発した鉄錯体触媒反応によって重合および分解が容易に可能な、革新的材料の創出に取り組んでいます。私が取り組んだのは、重合反応に使う新たなモノマー体の合成と、モ

ノマー体の金属錯体触媒への反応性の調査でした。緻密に設計された鉄錯体触媒は、空気中の酸素や水に不安定なものがほとんどであり、基本的にグローブボックス内で化合物を取り扱いました。また、重合に使用するアルケンも低沸点なものがほとんどであり、そのような化合物を取り扱うためにハイバキュームラインという減圧下で実験を行える設備も利用しました。これらの設備は実験室内で共用であり、装置の健全な維持のために使い方やルールを覚える必要がありました。このルールを覚えるのも大変でしたが、一つ一つの実験操作に繊細さや慎重さも求められるため、不慣れなこともあり最初は疲労の溜まる日々が続きました。それでもメンターのポストドクの方に教えてもらいながら、1つずつ学んでいくことで、滞在終盤では実験の流れを組み立てて、最低限の操作を一人でできるくらいには慣れたと思います。このように、普段自分が研究で扱っているものとは全く異なる化合物や実験操作に触れることができたのはとても貴重な機会であったと感じます。

Paul groupでは、2つのsubgroupに分かれ、毎週月曜もしくは水曜日にsubgroup meetingをPaulと行いま

す。また隔週金曜にはgroup meeting というものがあり、1人がそれまで数ヶ月間の実験結果を全体に報告し、ディスカッションを行います。このgroup meetingでは実験内容だけでなく、その人が興味を持ったトピックについて自由に紹介するという習慣があるのが印象的でした。そのほか、学生・ポストドクのみで、投稿する論文内容をディスカッションするというものもありました。このようなディスカッションの多さはとても印象的であり、優秀な学生、ポストドクがそれぞれのアイデアを共有し、研究を洗練していくことはインパクトのある成果を生み出す要因の一つになっていると感じました。またプリンストン大学では化学科全体に向けた定期的な講演も行っており、世界的に著名な先生の講演をコーヒー片手に気軽に聴講することもできたため、化学に存分に触れる濃密な2ヶ月間であったと感じました。

プリンストンは自然豊かな、どちらかといえば田舎な街並みでしたが、学生が生活するためのサービスも充実しており、それほどストレスなく過ごすことができます。朝、大学へ向かう時にはリスが目の前を横切ったり、大学構内にシカがいたり、アメリカから

しさのようなものを感じました。プリンストン大学は、大学自体が観光地になるほど、歴史ある建物がたくさんあり、休日に構内を歩くだけで面白かったです。食が合うかどうかは不安でしたが、大学近くのNassau streetという一番栄えている通りでは様々なレストランがあり、テイクアウトも可能だったので、色々な料理を楽しむことができました（値段は高いですが）。私はtacoriaというメキシコ料理店のブリトーがお気に入り、よく持ち帰りをしていました。ブラックビーンズ、米、アボカド、鶏肉などの様々な食材と、味の濃いソースが詰め込まれ、日本とは全く異なる味は意外にも私の口によく合ったようです。プリンストンでは郊外のスーパーマーケットにアクセス可能な無料のバスが大学から出ており、週末は30分ほどかけて食材を買いに行ったりもしました。アメリカで買った野菜は、日本のものと見た目も味も少し違っていました。例えばトマトは日本のものだと形が丸く、生で食べても十分美味しいのですが、アメリカのトマトは形が楕円形になっており、皮が厚いため剥いて食べた方が美味しくうだなと感じました。またベビーキャロットという1口サイズの人参を初め

て見かけ、買ってみたのですが私の調理力では美味しく仕上げることは難しかったです。そういった日本との違いを知っていくことはとても楽しいと感じました。ご飯については、ラボメイトの車に乗って晩御飯を食べに行ったりすることもあり、しゃぶしゃぶや日本食レストランに行きました。大学近くには日本のスーパーもあり、日本食が人気なのはわかりませんが、意外と日本のものは身近に感じられ、充実した毎日を送ることができました。

当然ですが今回の渡航は初めての経験ばかりで、遂行していく中で自信になったもの、まだまだ自分に足りないと感じたものがたくさんありました。ここには書ききれない、苦労したことなどもたくさんありますが、それら全てをまとめて、よかったと思える貴重な海外渡航になったと言えます。最後になりますが、Paul研究室の皆様はじめ留学先で関わってくださった全ての方々、留学を後押しして下さった魚住先生、奥村先生、魚住グループの皆様、渡航手続きを支援して下さった岡崎大学院係の方々、SOKENDAI研究派遣プログラム事務局の方々、研究を支えてくださっている全ての方々に心からの感謝を申し上げます。

International School of Physics “Enrico Fermi” Course 214 - Quantum Computers and Simulators with Atoms, 5 to 14 July 2024

Kocik Robin Rayane

総合研究大学院大学物理科学研究科機能分子科学専攻
博士後期課程1年

I am a PhD student in the group of professor Ohmori since April 2024. I received my bachelor's degree and Master's degree in France at the University Paris-Saclay. Here I work on the state preparation of arrays of single cold atom held in optical tweezers, for the study of collective spontaneous emission dynamics called superradiance.

This summer, I had the opportunity to attend Course 214 of the “Enrico Fermi” International School of Physics, organized by the Italian Physical Society

(SIF - Società Italiana di Fisica).

The SIF is a non-profit association founded in 1897 with the mission of promoting, supporting, and advancing

the progress of physics. One of its key initiatives, established in 1953, is the International School of Physics, held annually in Varenna at Villa Monastero,

Italy. In 1954, the school was renamed after Enrico Fermi. This event provides a unique opportunity to meet professors and students from around the world. Each year, three courses lasting one to two weeks are organized, with topics carefully selected for their cultural and scientific impacts, as well as their relevance to recent developments in physics. For 2024, the courses offered were: "Nuclear Structure and Reactions from a Broad Perspective" (Course 213), "Quantum Computers and Simulators with Atoms" (Course 214), and "Topology and Materials" (Course 215).

Currently working on the fast state manipulation of cold atoms trapped in optical tweezers, the theme of Course 214 was a perfect match for me. This course brought together some of the world's leading experts in cold atoms, offering the opportunity to gain insightful knowledge and access to the latest advancements in this research field, which has emerged as one of the leading platforms for quantum simulation and computing in recent years.

The event consisted of 13 talks, each divided into three lectures on

specialized topics related to cold atoms. Additionally, there were two seminars introducing other quantum simulation and computing platforms, such as superconducting qubits and photonic systems. Participants also presented posters showcasing their research. The course was intense and packed with information, with only one half-day off during the nine days of the event. Initially, I found it challenging to adjust to the time difference and cope with jet lag. However, the excitement of learning from exceptionally talented researchers and interacting with students from around the world quickly overcame any fatigue.

The course delved deep into the fundamental concepts of quantum computation, covering topics such as qubit encoding, state preparation, measurement techniques, and coherence properties. Lectures on resonant and van der Waals Rydberg interactions, gate protocols, and benchmarking provided a solid foundation for understanding quantum circuit implementation. We also had detailed explanations of ion trapping techniques, laser-ion interactions,

and the realization of one- and two-qubit gates. The potential of trapped-ion systems for simulating complex quantum many-body systems was also explored.

A highlight of the course was the opportunity to discuss research with Antoine Browaeys and Immanuel Bloch, renowned experts in quantum optics and quantum simulation. During the week, I presented a poster on my work with the assembly of a subnanosecond pulse laser from a continuous-wave laser. I was glad to see that some participants were interested in my project and wanted to discuss it further.

The course took place at Villa Monastero, a former female monastery built at the end of the 12th century on the shores of Lake Como. In 1939, the villa was donated to the state of Italy, and a conference center was established there in 1953 to host cultural and scientific events. Since then, the SIF has hosted its summer school at this site, which has welcomed over 60 Nobel Prize winners. The villa is also a museum, featuring 14 rooms and neo-Renaissance and neo-Rococo



tapestries and furnishings. Surrounding the villa is a botanical garden filled with rare and exotic plants, making it a popular tourist destination. It was an interesting experience to attend physics lectures while witnessing wedding photos being taken just outside the lecture hall—something I never imagined would combine!

There was a huge contrast between day and night at the villa. During the day,

the surroundings were crowded with tourists, but at night, everything became calm. After the day's lectures, I and other participants would organize walks along the lake and visit the town of Varenna before having dinner with all participants and lecturers. These dinners were a great opportunity for casual discussions with the lecturers.

Attending this international summer



school was an enriching experience. During the event, I was able to bond with other students from my field, many of whom I will see again at future scientific conferences. I also learned about the types of research being conducted around the world, which has given me a broader perspective on the state of research in my field. It was also a pleasure to meet professors whom I had only known through their research papers and to learn more about the people behind the work.

I would like to thank Takei-san, Makino-san, Kawamoto-san, Nishioka-san, and Koshida-san from the administrative team of my research group. Without their help and patience, this experience would not have been possible.

総合研究大学院大学2024年度(10月入学) 新入生紹介

コース	氏名	所属	研究テーマ
分子科学	Tom Laurent Denecker Desmots	光分子科学研究領域	Quantum control of the motion of single atoms with optical tweezers
	Sapna Melanie Hassanaly	光分子科学研究領域	Ultrafast excitation and interaction of Rydberg atoms in optical tweezers
	Kecir Omar El Farouk	光分子科学研究領域	Development of a cold-atom-based quantum computer

2024年9月総合研究大学院大学修了学生及び学位論文名

専攻	氏名	博士論文名	付記する専攻分野	授与年月日
構造分子科学	Jaseela Palassery Ithikkal	Material design for lateral organic solar cells by studying semiconductor electronic properties	理学	2024/9/27
機能分子科学	Kaili Zhang	Development of Tetrahydroxydiboron-Mediated Reductive Molecular Transformations in Water by Use of an Amphiphilic Resin-Supported Palladium Nanocatalyst	理学	2024/9/27